

PEMODELAN FISIK APLIKASI METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER UNTUK MENDETEKSI KEBERADAAN AIR TANAH

Supriyadi[✉], Susilo, Sunaro, Setyawan

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 1 Februari 2012

Disetujui 29 Februari 2012

Dipublikasikan April 2012

Keywords:

Modeling

Geoelectric

Groundwater resistivity

Abstrak

Penelitian ini adalah studi geofisika berupa pemodelan fisis dengan memanfaatkan metode geolistrik tahanan jenis. Medium yang digunakan adalah tanah merah dan tanah liat. Pada media tersebut diinjeksikan arus dan kemudian dilakukan pengukuran terhadap arus maupun potensialnya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan 4 buah elektroda, yakni 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial. Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi *Schlumberger* yang diharapkan dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan air. Instrumen yang digunakan adalah *resistivitymeter* Naniura NRD 22S yang dilengkapi dengan empat buah elektroda yang berfungsi dalam pembacaan *output* respon beda potensial akibat arus yang diinjeksikan ke dalam permukaan tanah merah melalui dua buah elektroda arus dan dua buah elektroda potensial. Hasil inversi 2-D menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv* menunjukkan bahwa metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan air tanah beserta nilai resistivitasnya yaitu untuk tanah liat 1 posisi, 2 posisi, dan 3 posisi dengan volume injeksi air kumulatif berkisar antara 14.4-70.0 Ωm .

Abstract

This research is geophysical study of physical modeling by using geoelectric resistivity method, and it used land and clay as media. The current was injected to the media then measured its current and potential. The measurement used 4 electrodes, consisting of 2 current electrodes and 2 potential electrodes. This research used Schlumberger configuration which is expected to be used to investigate the presence of water. Resistivitymeter Naniura NRD 22S with 4 electrodes was used to read the output response of potential difference as a result of injected current to red earth through 2 current electrodes and 2 potential electrodes. 2-D inversion result using Res2Dinv software showed that geoelectric method Schlumberger configuration can be used to determine the groundwater presence and its resistivity values for 1 position, 2 positions, and 3 positions of clay with cumulative injected water volume about 14.4-70.0 Ωm .

© 2012 Universitas Negeri Semarang

[✉]Alamat korespondensi:

Gedung D7 Lantai 2 FMIPA Unnes

Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229

E-mail: pryfis@yahoo.com

Pendahuluan

Air sangat penting bagi semua makhluk hidup di muka bumi. Karena ada air, maka terdapat kehidupan. Semua sel dan jaringan tubuh makhluk hidup berisi air. Seiring dengan bertambahnya penduduk, kebutuhan akan air semakin meningkat baik untuk keperluan kehidupan sehari-hari manusia, peternakan maupun pertanian. Hal itu berarti persediaan air juga semakin terbatas. Di satu sisi ada masyarakat yang kesulitan memperoleh air bersih untuk kehidupan sehari-hari, sementara di sisi lain terdapat penggunaan air secara berlebihan tanpa memperhatikan kebutuhan generasi yang akan datang. Masalah ini memerlukan pemecahan berupa pencarian sumber-sumber air untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Akibat pertumbuhan penduduk maka kebutuhan akan daerah pemukiman juga semakin meningkat. Banyak daerah resapan air digunakan sebagai daerah pemukiman, dan sebagai akibatnya daerah tersebut tidak dapat memenuhi kebutuhan air penduduk yang tinggal di daerah tersebut (Zubaidah & Kanata 2008).

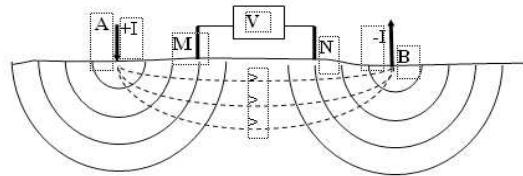
Untuk menyelesaikan masalah-masalah tersebut, perlu dilakukan studi kegeofisika. Penelitian ini merupakan suatu studi geofisika berupa pemodelan fisis memanfaatkan metode geolistrik tahanan jenis. Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial dan arus listrik yang terjadi, baik secara alamiah maupun akibat injeksi arus di dalam bumi.

Pada pemodelan fisis untuk kasus pencarian air tanah digunakan metode Geolistrik dengan alasan bahwa metode ini telah digunakan untuk berbagai keperluan dengan tingkat keberhasilan yang baik, diantaranya oleh Syukri dan Bijaksana (2000) mendeteksi dan melihat kondisi fluida di bawah permukaan dan masalah lingkungan, Grandis dan Yudistira (2000) mengidentifikasi penyebaran polutan bawah permukaan, Reynold, 1998 mengidentifikasi distribusi polutan baik secara spasial maupun temporal, Rustadi dan Zaenudin (2003) mendeteksi dan memetakan endapan limbah merkuri. Untuk penentuan kedalaman muka air tanah telah dilakukan oleh Karyanto dan Dzakwan (2005), Ngadimin dan Handayani (2001) telah mengaplikasikan metode geolistrik untuk pemantauan rembesan limbah. Pendugaan potensi tanah longsor dilakukan oleh Gaffar (2009), penentuan sumber anomali

geomagnet (Zubaidah *et al.* 2005). Coppola *et al.* (1994) menggunakan metode Geolistrik untuk mengetahui struktur lapisan tanah untuk perluasan pembuatan rel kereta api di Umbria Italia. Penentuan pola sebaran fluida geothermal (Haerudin *et al.* 2008). Rolia (2011) menggunakan metode geolistrik untuk mendeteksi keberadaan air tanah.

Dalam penelitian ini, pemodelan fisis dilakukan dalam sebuah wadah kaca dengan panjang 150 cm, lebar 104 cm, dan tinggi 70 cm. Medium yang digunakan adalah tanah merah dan tanah liat. Pada media tersebut kemudian diinjeksikan arus dan diukur arus maupun potensialnya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan 4 buah elektroda, yakni 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial. Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi Schlumberger yang diharapkan dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan air.

Tujuan survai geolistrik tahanan jenis adalah untuk mengetahui resistivitas bawah permukaan bumi dengan melakukan pengukuran di permukaan bumi. Resistivitas bumi berhubungan dengan jenis mineral, kandungan fluida dan derajat saturasi air dalam batuan. Metode yang biasa digunakan pada pengukuran resistivitas secara umum yaitu dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi dengan menggunakan dua elektroda arus (A dan B), dan pengukuran beda potensial dengan menggunakan dua elektroda potensial (M dan N) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola aliran arus dan bidang ekipotensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan

Beda potensial yang terjadi antara MN yang diakibatkan oleh injeksi arus pada AB pada Gambar 1 adalah:

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right] \quad (1)$$

$$\rho = 2\pi \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I}$$

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

(2)

dengan K dinyatakan dengan persamaan (3)

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1}$$

(3)

K merupakan faktor koreksi karena letak atau konfigurasi elektroda potensial dan elektroda arus.

Sifat fisika batuan dan mineral selalu memperlihatkan variasi harga yang sangat banyak, dan salah satu di antaranya adalah resistivitas (tahanan jenis). Resistivitas menyatakan sifat khas dari suatu bahan, yaitu besarnya hambatan suatu bahan yang memiliki panjang (L) dan luas penampang (A). Chitea *et al.* 2009 mendefinisikan hubungan besaran-besaran tersebut dengan persamaan sebagai berikut:

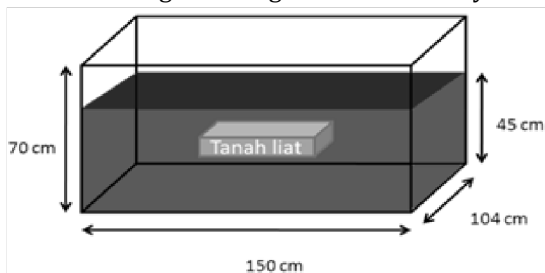
$$R = \rho \frac{L}{A}$$

(4)

dengan R dan r berturut-turut adalah hambatan dan resistivitas batuan

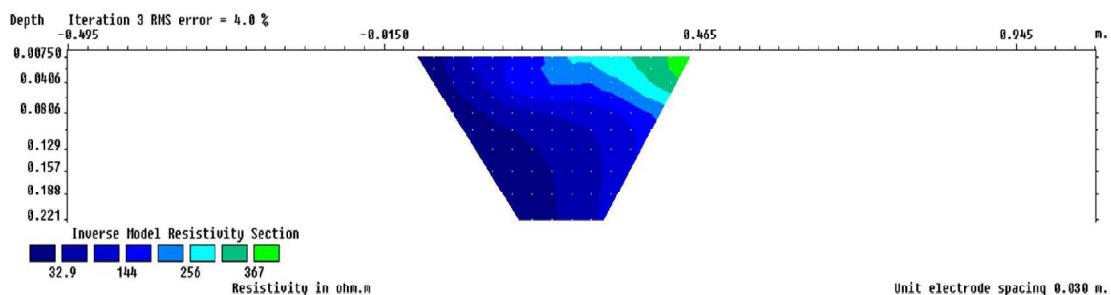
Metode

Peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah *resistivitymeter* Naniura NRD 22 S dengan serangkaian elektrodanya.



Gambar 2. Medium berupa tanah merah berisi

Medium tanah merah



Gambar 3. Penampang resistivitas medium sebelum ditanam tanah

tanah liat

Bahan penelitian adalah wadah kaca dengan ukuran panjang 150 cm, lebar 104 cm, dan tinggi 70 cm yang diisi dengan tanah merah dan tanah liat sebagai jebakan air yang disusun seperti pada Gambar 2.

Desain spasi lintasan penelitian dibuat dengan spasi 3 cm dengan penempatan posisi elektroda potensial dan elektroda arus menggunakan konfigurasi *Schlumberger*.

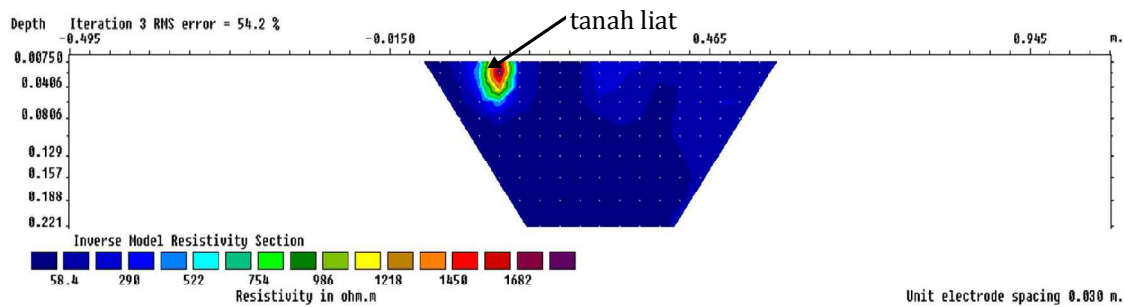
Pengambilan data yang terdiri atas kegiatan: menginjeksi arus listrik ke medium. Mengamati besar arus listrik (I) dan beda potensial (V) antara 2 titik elektroda. Menginjeksi medium dengan air sebanyak 0.5 liter yang dilakukan pada titik tengah permukaan tanah liat. Melakukan pengukuran seperti langkah 1 sampai 3 setelah penginjeksian air. Mengulangi langkah 4 sampai 5 masing-masing dengan penambahan jumlah air yang sama. Penambahan air dilakukan sebanyak 3 kali. Melakukan variasi posisi letak tanah liat untuk 2 posisi dan 3 posisi dengan langkah seperti 4, 5, dan 6.

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung nilai resistivitas menggunakan persamaan 2 dan diolah menggunakan *software Res2Dinv*.

Hasil dan Pembahasan

Sebelum ditanam tanah liat, terlebih dahulu diukur tahanan jenis medium tanah merah tersebut. Dari hasil inversi dengan program *Res2dinv* diperoleh penampang tahanan jenis lempung. Gambar 3 memperlihatkan penampang tahanan jenis tanah merah hasil inversi dengan pengukuran menggunakan konfigurasi *Schlumberger* berharga antara 32.9-367 Ωm dengan kesalahan iterasi 4%. Gambar 4 adalah penampang tahanan jenis tanah liat berukuran panjang 33 cm, lebar 19 cm, dan tinggi 7 cm dengan posisi mendatar 30 cm dari permukaan tanah merah. Nilai resistivitasnya

Medium pengukuran tanah merah dan tanah liat



Gambar 4. Penampang resistivitas medium setelah ditanam tanah liat berbentuk balok

berkisar antara 522-1682 Ωm dengan kesalahan iterasi 54.2%.

Pada Gambar 5, 6, dan 7 menggambarkan pada titik pengukuran lokasi injeksi air terlihat nilai resistivitas kecil semakin melebar dengan nilai resistivitas seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Hal ini disebabkan adanya tanah liat yang diinjeksi air sehingga menyebabkan tanah liat di sekitar injeksi air menjadi lebih konduktif. Pola rembesan yang terjadi adalah serong ke kanan.

Tabel 1. Nilai resistivitas tanah liat satu posisi setelah injeksi air

Volume kumulatif air (liter)	Resistivitas Tanah (Ωm)
0.5	46.9 – 67.6
1	24.2 – 44.6
1.5	14.4 – 25.5

Pada posisi ini 2 buah tanah liat berbentuk persegi diletakkan di bawah permukaan tanah merah secara mendatar pada kedalaman 20 cm dari permukaan tanah merah. Kedua tanah liat tersebut ditanam dengan jarak 12 cm satu sama lain. Pada Gambar 8, 9, dan 10 terlihat nilai resistivitas menjadi lebih kecil lagi seperti terlihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai resistivitas tanah liat dua posisi setelah injeksi air

Volume kumulatif air (liter)	Resistivitas Tanah (Ωm)
0.5	37.1 – 66.4
1	36.8 – 66.0
1.5	33.2 – 59.5

Pada pengukuran ini ditanam 3 buah

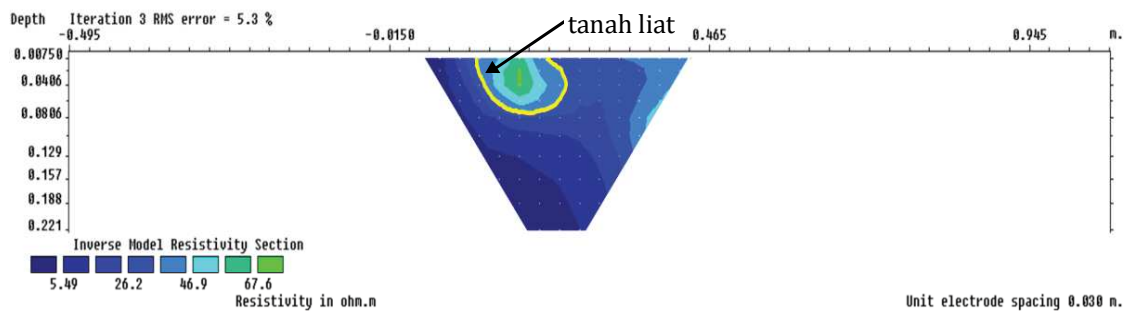
tanah liat berbentuk persegi. Tanah liat yang ketiga ditanam pada jarak ± 13 cm dari tanah liat yang pertama dengan kedalaman 20 cm. Nampak pada Gambar 11 tidak terlihat posisi tanah liat yang tertanam dalam tanah merah, hal ini karena tanah merah di sekitar ketiga tanah liat tersebut sudah dalam kondisi jenuh air dan memiliki nilai resistivitas yang relatif sama. Pada Gambar 11, 12, dan 13 terlihat nilai resistivitas yang mengecil seperti terlihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai resistivitas tanah liat tiga posisi setelah injeksi air

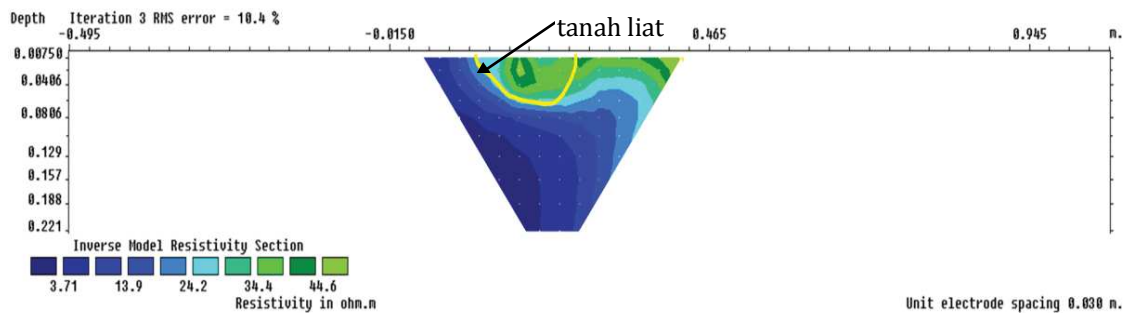
Volume kumulatif air (liter)	Resistivitas Tanah (Ωm)
0.5	39.1 – 70.0
1	31.9 – 57.0
1.5	30.4 – 54.4

Berdasarkan pada Gambar 5 sampai dengan 13 dapat dijelaskan bahwa volume air dalam tanah merah mempengaruhi nilai resistivitas listrik, hal ini ditunjukkan dari perbedaan resistivitas listrik medium tanah merah sebelum dan sesudah diinjeksi air. Semakin banyak volume air di dalam tanah menyebabkan nilai resistivitas listrik tanah merah dan tanah liat menurun seperti yang terlihat dalam Tabel 1, 2, dan 3. Menurunnya nilai resistivitas listrik tanah merah tersebut dikarenakan air yang bersifat konduktif mengisi ruang interfase tanah merah menggantikan udara.

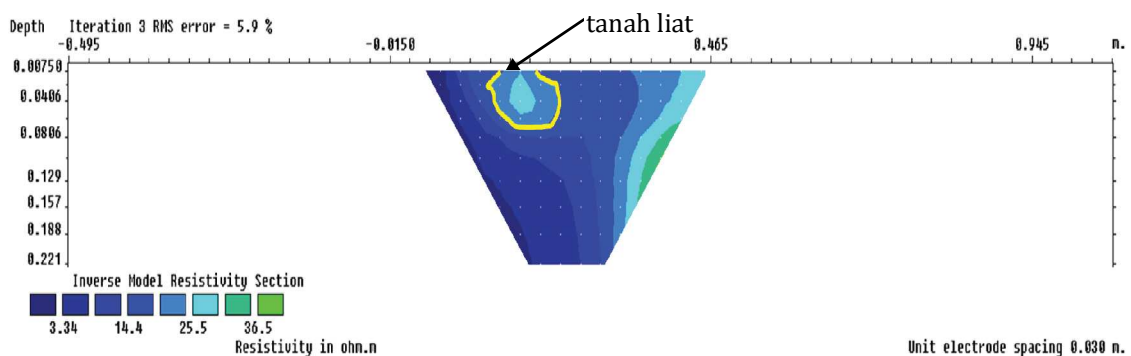
Elektroda potensial pada konfigurasi *Schlumberger* relatif jarang dirubah, sehingga dapat menyebabkan perbedaan data relatif kecil antara titik yang satu dengan titik yang lainnya. Dalam gambar penampang resistivitas khususnya untuk tanah liat dua posisi dan tiga posisi, model akuifer dianggap sebagai satu



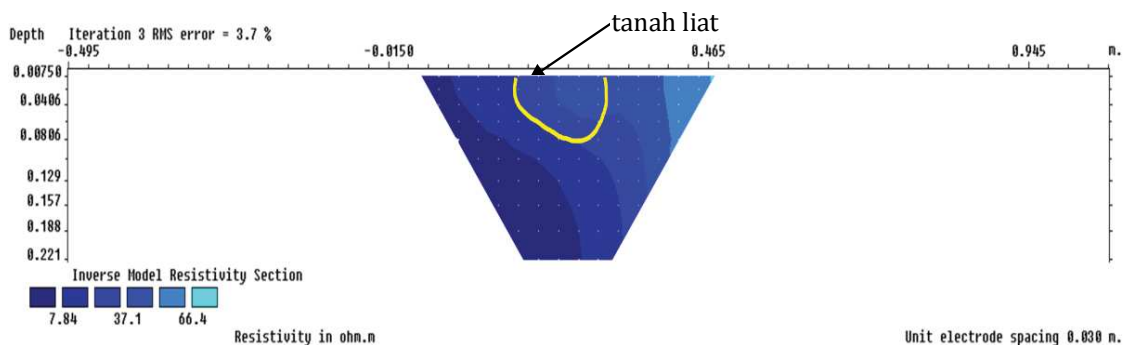
Gambar 5. Penampang resistivitas medium setelah ditanam tanah liat dengan injeksi air pertama



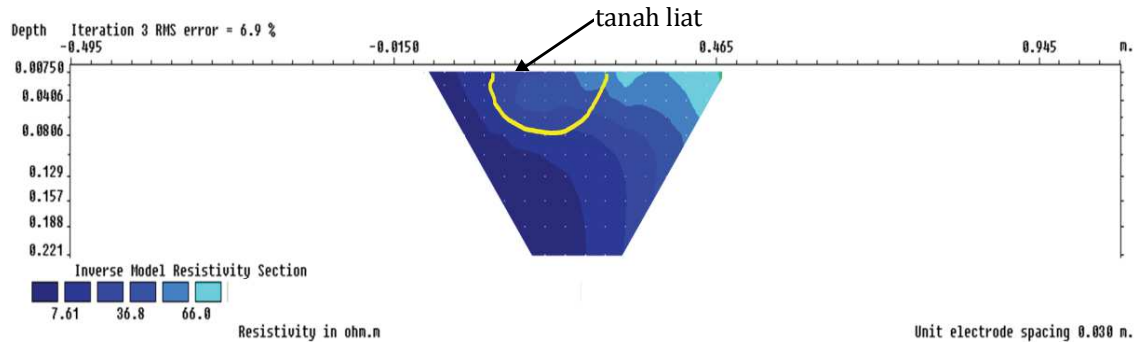
Gambar 6. Penampang resistivitas medium setelah ditanam tanah liat injeksi air kedua



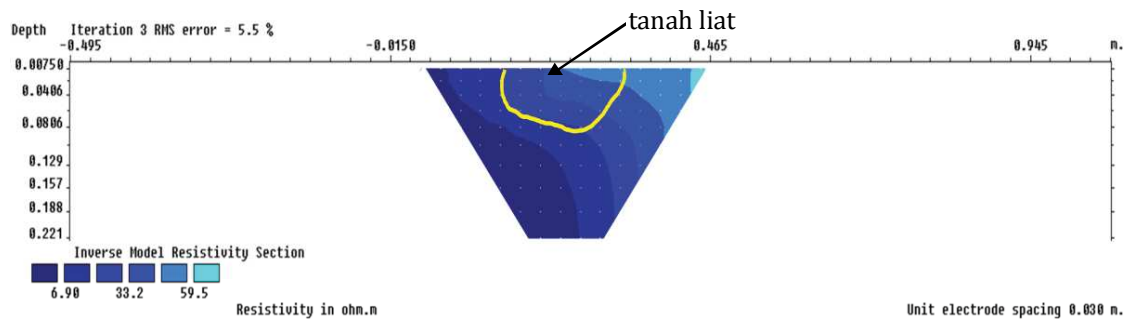
Gambar 7. Penampang resistivitas medium setelah ditanam tanah liat injeksi air ketiga



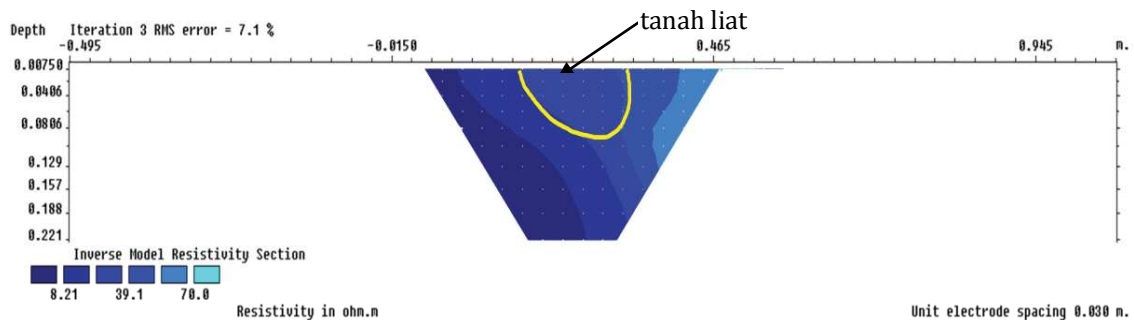
Gambar 8. Penampang resistivitas medium setelah ditanam 2 tanah liat berbentuk balok injeksi air pertama



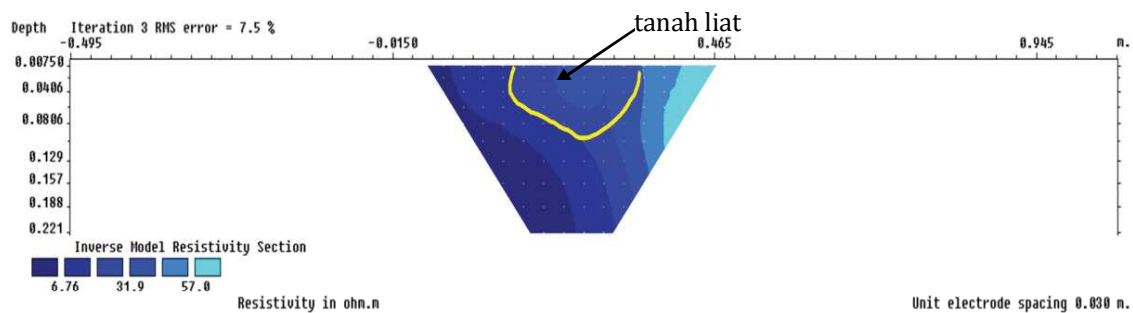
Gambar 9. Penampang resistivitas medium setelah ditanam 2 tanah liat injeksi air kedua



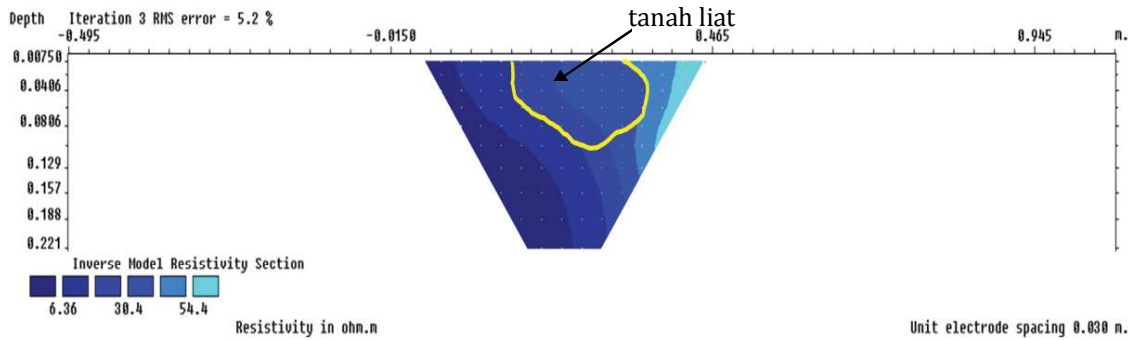
Gambar 10. Penampang resistivitas medium setelah ditanam 2 tanah liat injeksi air ketiga



Gambar 11. Penampang resistivitas medium setelah ditanam 3 tanah liat berbentuk balok injeksi air pertama



Gambar 12. Penampang resistivitas medium setelah ditanam 3 tanah liat injeksi air kedua



Gambar 13. Penampang resistivitas medium setelah ditanam 3 tanah liat injeksi air ketiga

kesatuan, hal ini disebabkan karena tanah merah di sekitar kedua dan ketiga tanah liat tersebut sudah dalam kondisi jenuh air dan memiliki nilai resistivitas yang relatif sama atau juga karena penanaman tanah liat yang kurang dalam dan jarak pisah antara tanah liat satu dengan yang lainnya relatif pendek. Alat mengenalinya sebagai satu kesatuan akuifer karena spasi elektroda yang dibentangkan juga terbatas. Spasi elektroda terkecil yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3 cm, penulis tidak memperkecil spasi elektroda lagi karena dikhawatirkan akan terjadi hubungan arus pendek yang bisa menyebabkan kerusakan pada alat. Secara umum nilai resistivitas pada model lapisan tanah yang berpotensi sebagai akuifer nilainya berada pada rentang yang telah dirumuskan oleh Telford *et al.* 1982 yaitu 0.5–3.10 Ωm .

Simpulan

Beberapa simpulan yang diperoleh dari penelitian adalah sebagai berikut: metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan air tanah dalam medium tanah skala model. Nilai resistivitas material dipengaruhi oleh banyaknya air yang terdapat pada material dalam bak, semakin banyak air yang terkandung dalam material tersebut, maka nilai resistivitasnya akan semakin kecil karena air bersifat konduktif.

Tanah liat yang diinjeksi air dari 0.5, 1, dan 1.5 liter diperoleh nilai resistivitas untuk 1 posisi berkisar antara 14.4–67.6 Ωm , untuk 2 posisi berkisar antara 33.2–66.4 Ωm , dan untuk 3 posisi berkisar antara 30.4–70.0 Ωm .

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional yang telah

membiayai penelitian ini melalui program penelitian Hibah Bersaing tahun pertama 2011 Sesuai Dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor: 3648/H37/KU/2011, Tanggal 23 Mei 2011.

Daftar Pustaka

- Chitea, Ioane, Kodom. 2009. Geoelectrical evaluation of soil properties. *Geophysical Research Abstracts*. 11: 11624–11634
- Coppola B, Lappenne V, Marcella M., Patella D. 1994. Application of unconventional geoelectrical method to the hydrogeological examination of the Mt. S. Croce rock formation (Umbria, Italy). *Annali Geofisica*, 37 (5): 1251–1267
- Gaffar EZ. 2009. *Potensi longsor pada kompleks BMKG Pelabuhan Ratu menggunakan metode Geolistrik*. Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian PUSLIT Geoteknologi LIPI. Bandung: 40–47
- Grandis H, Yudistira T. 2000. *Studi pendahuluan identifikasi penyebaran polutan bawah permukaan menggunakan metode geolistrik, Penerapan metode geofisika di Indonesia*, Edisi kedua, Himpunan Ahli Geofisika Indonesia: 81 – 91
- Haerudin N, Rasimeng S, & Yuliana E. 2008. *Metode geolistrik untuk menentukan pola penyebaran fluida geothermal di daerah potensi panas bumi gunung Rajabasa Kalianda Lampung Selatan*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi – II. Lampung: 57–66
- Karyanto, & Dzakwan A. 2005. Pelatihan aplikasi metode geolistrik tahanan jenis untuk pencarian air tanah di kecamatan Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan, Pengabdian masyarakat program IPTEKS, Jurusan Fisika – Universitas Lampung
- Ngadimin & Handayani G. 2001. Aplikasi metode geolistrik untuk alat monitoring rembesan limbah. *JMS*, 6 (1): 43 – 53
- Reynold JM. 1998. *An introduction to applied and environmental geophysics*. John Wiley and Sons, New York

- Rustadi & Zaenudin A. 2003. Penerapan metode geolistrik tahanan jenis dan metode radar untuk mendeteksi serta memetakan endapan limbah merkuri, *Laporan Penelitian Dosen Muda*, Jurusan Fisika – Universitas Lampung
- Rolia E. 2001. Penggunaan metode Geolistrik untuk mendeteksi keberadaan air tanah, *J. Tapak*, Vol.1, No.1: 20-31
- Syukri M & Bijaksana S. 2000. *Pendeteksian kontaminasi di bawah permukaan dengan metode GPR, Penerapan metode geofisika di Indonesia*, Edisi kedua, Himpunan Ahli Geofisika Indonesia: 92 – 101
- Telford WM, Geldart LP, Sheriff RE & Keys DA. 1982. *Applied Geophysic*. London: Cambridge University Press
- Zubaidah T, Kanata B, & Arumdat I N. 2005. Pemanfaatan metode Geolistrik untuk penentuan sumber anomali geomagnet di kota Mataram NTB. *J Teknologi*, 3: 230-237
- Zubaidah T, Kanata, B. 2008. Pemodelan Fisika Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Untuk Investigasi Keberadaan Air Tanah. *J Teknik Elektro*, 7 (1): 20-24